

HAKIKAT BENCANA KEPESISIRAN DALAM PERSPEKTIF GEOMORFOLOGI DAN UPAYA PENGURANGAN RISIKONYA

Sunarto

Pusat Studi Bencana (PSBA) - UGM
Yogyakarta

Abstract

In the last three months, Indonesia was subjected to several disasters triggered by storm wave and high tide wave. The disasters brought about decrease fishing, marine erosion, infrastructure damage, as well as boat damage and lost. Coastal disaster is not single process, but it occurs in complex systems. Understanding to the sequential processes of coastal disaster thereby is needed in order to anticipate its occurrences.

Coastal disasters are resulted from coastal dynamics to which seven factors interact interdependently. The factors are astrodynamics, aerodynamics, hydrodynamics, morphodynamics, geodynamics, ecodynamics, and sociodynamics. Landform, in this case, can be used as key factor for identifying the disaster risk. Arcuate, cusate, crenulate, and irregular delta, for instance, are high risk zone. Cliff coasts generally are safe from tsunami. Jigsaw pattern of shoreline morphology is relatively vulnerable to tsunami and high wave. Faults and joints are the indicator of a tectonic pressure, and the coastal area is tsunami vulnerable. The risk reduction in delta areas can be conducted through natural barrier winds and waves by planting mangrove.

Principally, coastal disaster risk reduction can be promoted by providing community disaster preparedness education. Education preparedness education, local people are able to recognize the indications (signs) prior to the disasters. Thereafter, the communities are able to anticipate the disaster threat. "Marganing waskitha jalaran saka nitèni" is Javanese proverb that may be relevant to adopt interm of disaster risk reduction.

Keywords : coastal disaster, coastal dynamics, risk reduction, coastal sequential process.

1. Pendahuluan

Geomorfologi merupakan kajian keilmuan tentang kenampakan bentuk-bentuk fisik permukaan Bumi yang umum dikenal sebagai bentuklahan, baik genesisnya, proses-proses yang bekerja padanya, komposisi material penyusunnya, maupun sejarah perkembangannya (Lobeck, 1939; Summerfield, 1991, Cooke dan Doornkamp, 1994; Huggett, 2005). Di mana pun makhluk hidup (manusia, hewan, dan tumbuhan) bertempat tinggal, berkembang-biak, maupun berkehidupan di permukaan Bumi ini selalu menempati ruang. Tidak ada sejengkal ruang pun di permukaan Bumi ini yang tidak menempati bentuklahan. Seluruh permukaan Bumi ini, baik permukaan

daratan maupun dasar laut, terjadi dari mosaik bentuk lahan.

Wilayah Indonesia yang merupakan wilayah kepulauan, kesemuanya juga terjadi dari mosaik bentuklahan. Di dalam Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No. KEP. 34/MEN/2002 tentang Pedoman Umum Penataan Ruang Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil disebutkan bahwa sekitar 75 % dari luas wilayah Nusantara merupakan lautan dengan 81.000 km panjang garis pantai Indonesia atau sekitar 14 % dari panjang garis pantai dunia. Wilayah Indonesia memiliki sekitar 17.506 pulau yang terdiri atas sekitar 1.000 pulau yang berpenghuni dan sekitar 16.506 pulau yang tidak berpenghuni.

Dengan luas laut lebih besar daripada luas daratan Indonesia, dan posisi wilayah Indonesia terletak di khatulistiwa serta terletak antara dua benua dan dua samudra, maka wilayah Indonesia beriklim tropika basah. Di samping itu, wilayah Indonesia terletak pada tumbukan tiga lempeng tektonik, yaitu Lempeng Benua Eurasia, Lempeng Samudra Hindia-Australia, dan Lempeng Samudra Pasifik dengan gerak yang tidak searah dan tidak dengan kecepatan yang sama (Verstappen, 2000; Christopherson, 2005; Murch dkk., 1996). Dengan tumbukan tiga lempeng tektonik tersebut, akibat alami yang terjadi di wilayah Indonesia di antaranya adalah:

1. wilayah Indonesia banyak terjadi gempa bumi;
2. terbentuk banyak pulau kecil yang merupakan pecahan-pecahan lempeng tektonik;
3. terjadi pemunculan pulau dari dasar laut ataupun banyak daratan yang tenggelam menjadi dasar laut;
4. terbentuk palung-palung laut;
5. banyak tumbuh gunungapi tipe strato; serta
6. banyak wilayah yang terkontrol oleh sesar atau patahan (Sunarto, 2007).

Jika ditinjau dari kondisi alam wilayah Indonesia yang seperti tersebut di atas dan dengan jumlah penduduk yang besar, menurut BPS (1998, dalam Mantra, 2007) sebesar 225.747.800 jiwa, maka dapat diketahui bahwa wilayah Indonesia sangat rawan terhadap

bencana alam. Bahkan menurut Direktorat Jendral Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (2004), sebanyak 290 kota dari 481 kota di Indonesia terletak di wilayah rawan gempabumi dan dari 290 kota tersebut sebagian besar terletak di wilayah pesisir, sehingga rawan pula terhadap bencana tsunami. Wahyono (2004) mengemukakan, bahwa di seluruh wilayah Indonesia terdapat 216 kota tepian air (*water-front city*) yang terletak di tepi laut, sungai, dan danau.

Pada tiga bulan terakhir ini (Januari, Februari, dan Maret 2008), masyarakat di wilayah pesisir dan pantai disibukkan oleh terjangan gelombang badai (*storm waves*) maupun gelombang pasang (*tidal waves*). Gelombang laut yang mengganas tersebut memporakporandakan perahu maupun permukiman nelayan seperti halnya yang terjadi di wilayah Pantai Puger Kabupaten Jember, Pantai Samas Kabupaten Bantul, Pantai Baron dan Drini Kabupaten Gunungkidul, wilayah Cilincing Jakarta, Kabupaten Rembang Jawa Tengah, kawasan budidaya rumput laut di Bali, abrasi di Pantai Trisik hingga Pantai Congot Kabupaten Kulonprogo (Kedaulatan Rakyat 14 dan 22 Februari 2008; Jawa Pos 16 Februari 2008; Kompas 14 Februari dan 22 Maret 2008).

Berdasarkan permasalahan tersebut dapatlah diketahui, bahwa wilayah kepe-
sisiran di Indonesia ini sangat rawan terhadap ancaman bencana kepe-
sisiran, sehingga upaya pengurangan risiko bencana perlu untuk dilakukan. Makalah ini bertujuan mem-

bincangkan hakikat bencana kepebisiran dalam perspektif geomorfologi dan upaya pengurangan risiko bencana kepebisiran.

2. Kausalitas Sekuensial Bencana Kepesiran

Bencana merupakan padanan kata dalam bahasa Inggris *disaster*. Menurut Osborne dan Boyce (2008) kata *disaster* berasal dari bahasa Yunani *astron* (bintang) dan bahasa Latin *astrum* (bintang). Pada masa itu dipercaya bahwa posisi bintang-bintang dapat mempengaruhi kejadian-kejadian di Bumi. Jika ada salah satu bintang yang tidak sesuai posisi umumnya atau bergeser dari posisinya (*disaster*), sehingga terjadi perubahan pengaruh terhadap Bumi, maka terjadilah bencana.

Bencana ialah suatu peristiwa alam (natural), antropogenik, atau natural-antropogenik yang terjadi secara mendadak atau progresif, yang menimbulkan akibat besar, sehingga masyarakat yang terkena ataupun yang terpengaruh harus merespon dengan tindakan-tindakan luar biasa (Carter, 1991). Menurut UURI No. 24/2007 tentang Penanggulangan Bencana, pasal 1, yang dimaksud dengan bencana ialah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia, sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis.

Dari kedua-dua pengertian tentang bencana tersebut dapat diketahui, bahwa (1) bencana dapat datang secara tiba-tiba atau berangsur-angsur, (2) bencana dapat merupakan peristiwa tunggal atau rangkaian peristiwa, (3) bencana dapat disebabkan oleh alam, nonalam, manusia, dan gabungan alam dengan manusia, (4) bencana menimbulkan kerugian pada manusia, (5) bencana menimbulkan kerusakan lingkungan, serta (6) bencana harus direspon dengan tindakan-tindakan di luar kebiasaan.

Setelah dipahami bersama tentang pengertian bencana, berikut ini dibincangkan tentang bencana kepebisiran (*coastal disaster*). Untuk memahami pengertian bencana kepebisiran, terlebih dahulu harus dipahami bersama tentang kausalitas sekuensial bencana. Mengapa demikian? karena, sangat dimungkinkan bencana terjadi akibat peristiwa sekuensial, artinya peristiwa yang satu mengakibatkan peristiwa yang lain. Oleh karena itu, ada istilah bencana primer, bencana sekunder, bencana tersier, dan seterusnya. Sebagai contoh, peristiwa tsunami merupakan peristiwa yang diakibatkan oleh peristiwa gempa bumi, sehingga sangat dimungkinkan peristiwa gempa bumi menimbulkan bencana primer dan peristiwa tsunami menimbulkan bencana sekunder. Umumnya bencana kepebisiran merupakan kausalitas sekuensial.

Bencana kepebisiran ialah peristiwa yang disebabkan oleh dinamika kepebisiran (*coastal dynamics*) yang mengakibatkan kerusakan

lingkungan kepepesisiran dan kerugian harta, benda, bahkan korban jiwa anggota masyarakat di daerah kepepesisiran. Dinamika kepepesisiran merupakan perubahan ruang dan waktu di daerah kepepesisiran yang disebabkan oleh tujuh faktor yang saling berinteraksi dan inter-dependensi. Ketujuh faktor tersebut adalah faktor-faktor astrodinamik, aerodinamik, hidrodinamik, morfodinamik, geodinamik, ekodinamik, dan antropodinamik (Sunarto, 2000).

Lebih lanjut Sunarto (2003) menjelaskan tentang ketujuh faktor tersebut sebagai berikut. Faktor astrodinamik merupakan penyebab dinamika kepepesisiran yang disebabkan oleh perubahan kedudukan benda-benda langit, terutama Matahari dan Bulan. Akibat perubahan kedudukan Matahari terhadap Bumi, menyebabkan di permukaan Bumi terjadi perubahan musim (kemarau dan penghujan). Perubahan musim akan mempengaruhi kondisi angin, hujan, suhu, serta proses-proses organik maupun anorganik. Di samping itu, perubahan kedudukan Bulan terhadap Bumi, menyebabkan terjadi pasang surut di pantai.

Faktor aerodinamik merupakan penyebab dinamika kepepesisiran yang disebabkan oleh angin. Faktor aerodinamik merupakan faktor kausalitas sekuensial dari faktor astrodinamik. Faktor aerodinamik dapat berupa angin laut, angin monsun, maupun badai. Faktor aerodinamik ini berpengaruh terhadap faktor hidrodinamik.

Faktor hidrodinamik merupakan penyebab dinamika kepepesisiran yang disebabkan

oleh air laut, yang berbentuk gelombang, arus, dan pasang surut. Ditinjau dari bentuknya, faktor hidrodinamik merupakan faktor kausalitas sekuensial dari faktor astrodinamik dan faktor aerodinamik, namun faktor hidrodinamik juga merupakan faktor kausalitas sekuensial terhadap faktor morfodinamik. Faktor morfodinamik merupakan penyebab dinamika kepepesisiran yang disebabkan oleh proses erosi ataupun sedimentasi. Faktor morfodinamik juga merupakan faktor kausalitas sekuensial dari faktor geodinamik. Faktor geodinamik merupakan penyebab dinamika kepepesisiran yang disebabkan oleh gerak endogenetik di antaranya tumbukan antarlempeng tektonik.

Faktor ekodinamik ialah seluruh penyebab ekologis yang mempengaruhi perubahan dan perkembangan ekosistem kepepesisiran, di antaranya ekosistem terumbu karang, ekosistem mangrove, dan ekosistem *pescaprae*. Ekosistem kepepesisiran tersebut sangat rentan terhadap pengaruh faktor antropodinamik. Faktor antropodinamik atau faktor sosiodinamik merupakan penyebab dinamika kepepesisiran yang disebabkan oleh aktivitas manusia atau masyarakat. Aktivitas manusia atau masyarakat yang dapat mempengaruhi dinamika kepepesisiran di antaranya: penggalian pasir pantai, pengambilan terumbu karang, reklamasi pantai, transportasi laut, pembangunan infrastruktur pantai (untuk pelabuhan, industri, kepariwisataan, perdagangan, atau permukiman), dan konflik kepentingan di daerah kepepesisiran.

Di dalam UURI No 27/2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil pada pasal 1 disebutkan, bahwa bencana pesisir ialah kejadian karena peristiwa alam atau karena perbuatan orang yang menimbulkan perubahan sifat fisik dan/atau hayati pesisir dan mengakibatkan korban jiwa, harta, dan/atau kerusakan di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Pengertian bencana pesisir tersebut justru tidak mengamanatkan adanya perubahan karakter sosial sebagai dampak pembangunan di wilayah kepebisiran, padahal di wilayah ini banyak terjadi dinamika sosial yang mengarah kepada konflik kepentingan antarpemangku kepentingan.

Berdasarkan perbincangan tentang kebencanaan dapat diketahui, bahwa bencana kepebisiran terjadi karena adanya dinamika kepebisiran. Dinamika tersebut berlangsung karena pengaruh energi yang mampu menggerakkan materi yang terdapat di daerah kepebisiran. Menurut Bagus (1996), kata energi merupakan kata yang berasal dari bahasa Inggris *energy*. Kata *energy* tersebut berasal berasal dari kata Yunani *energeia*, dari *en* (= dalam) dan *ergon* (= kerja). Energi ialah kekuatan yang ke luar dari dalam suatu benda, sehingga benda tersebut dapat bergerak. Macam energi yang berpengaruh di daerah kepebisiran di antaranya adalah energi termal, energi mekanik, dan energi gravitasi.

Energi termal yang dipancarkan oleh Matahari ke permukaan Bumi menimbulkan pemanasan udara yang berbeda-beda bergantung pada posisi astronomis, konfigurasi

permukaan Bumi, dan arah hadap ke Matahari. Akibatnya, terjadilah perbedaan tekanan udara, yang menimbulkan efek samping yakni bertiupnya angin ke daerah bertekanan udara rendah. Tiupan angin di permukaan laut akan menimbulkan energi mekanik yang menyebabkan terjadinya gerak ayunan partikel-partikel air laut yang berputar pada orbitnya, sehingga terjadilah gelombang laut.

Gerak mengorbit partikel-partikel air laut pada hakikatnya saling dorong dengan arah sesuai dengan arah tiupan angin, sehingga terbentuklah energi mekanik yang membangkitkan timbulnya arus laut. Energi mekanik yang membangkitkan gelombang maupun arus laut akan semakin meningkat jika berinteraksi dengan energi gravitasi yang membangkitkan pasang air laut.

3. Tipe Bencana Kepesisiran

UURI No. 24 Th. 2007 tentang Penanggulangan Bencana, mengamanatkan bahwa bencana dapat dibedakan menjadi tiga tipe bencana, yaitu bencana alam, bencana non-alam, dan bencana sosial. Bencana alam ialah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam, antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor. Bencana nonalam ialah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa non-alam, yang antara lain berupa kegagalan teknologi, gagal modernisasi, epidemi, dan wabah penyakit. Bencana sosial ialah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa

yang disebabkan oleh manusia, yang meliputi konflik sosial, antar-kelompok atau antar-komunitas masyarakat, dan teror.

Mengacu klasifikasi bencana seperti diamanatkan dalam UURI No. 24 Th. 2007 tentang Penanggulangan Bencana, maka tipe bencana kepebisiran antara lain dapat diklasifikasikan seperti berikut ini.

1. Bencana alam:
 - a. gelombang badai,
 - b. gelombang pasang,
 - c. tsunami,
 - d. angin kencang,
 - e. erosi marin, dan
 - f. sedimentasi.
2. Bencana nonalam:
 - a. kegagalan pembangunan infrastruktur pantai;
 - b. kegagalan penataan ruang wilayah kepebisiran;
 - c. kerusakan ekosistem terumbu karang, ekosistem mangrove, dan ekosistem hutan pantai; serta
 - d. pencemaran laut, pantai, dan pesisir.
3. Bencana sosial:
 - a. konflik sosial antarpemangku kepentingan dan
 - b. kriminalitas.

Perlu dicatat, bahwa perbincangan dalam makalah ini terpusat pada perspektif geomorfologi saja, sehingga permasalahan yang relatif kurang ada hubungannya dengan geomorfologi tidak diperbincangkan lebih lanjut.

4. Upaya Pengurangan Risiko Bencana Kepesisiran

Risiko merupakan istilah bentukan dalam bahasa Indonesia yang diambil dari kata *risk* dalam bahasa Inggris. Penulisan yang baku adalah risiko, bukan resiko. Ada beberapa pengertian tentang risiko. Darmawi (2005), Hanafi (2006), dan Siahaan (2007) menyatakan, bahwa risiko sering diartikan sebagai (1) ketidakpastian (*uncertainty*), (2) peluang untuk rugi, dan (3) kemungkinan kehilangan.

Pada hakikatnya, risiko dapat dibedakan menjadi risiko murni dan risiko spekulatif (Siahaan, 2007). Suatu risiko dinyatakan sebagai **risiko murni**, jika suatu ketidakpastian terjadi, maka **kejadian tersebut pasti menimbulkan kerugian**. Contoh risiko murni adalah rumah yang hancur akibat hantaman tsunami. Risiko spekulatif yaitu ketidakpastian akankah terjadi kemujuran ataukah kerugian. Contoh risiko spekulasi adalah membangun penginapan di tepi pantai, dapat berisiko terlanda gelombang pasang, tsunami, atau gelombang badai; tetapi juga dapat menguntungkan jika ketiga ancaman bencana tersebut tidak terjadi.

Di dalam UURI No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, disebutkan bahwa yang dimaksud dengan risiko bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa

aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat. Pengurangan risiko bencana dilakukan untuk mengurangi dampak buruk yang mungkin timbul, terutama dilakukan dalam situasi sedang tidak terjadi bencana.

Diposaptono dan Budiman (2008) mengemukakan, risiko bencana secara sederhana dapat dianalisis dengan persamaan:

$$\text{Risiko Bencana} = \frac{\text{Bahaya} \times \text{Kerentanan}}{\text{Kemampuan Menanggulangi}}$$

Bahaya (*hazard*) ialah suatu kejadian atau peristiwa yang mempunyai potensi untuk menimbulkan kerusakan atau kehilangan jiwa manusia, atau kerusakan lingkungan. Kerentanan (*vulnerability*) ialah kondisi atau karakteristik biologis, geografis, sosial, ekonomi, politik, budaya, dan teknologi suatu masyarakat di suatu wilayah untuk jangka waktu tertentu yang mengurangi kemampuan masyarakat tersebut mencegah, meredam, mencapai kesiapan, dan menanggapi dampak tertentu. Kemampuan menanggulangi (*capacity*) ialah penguasaan sumberdaya, cara, dan kekuatan yang dimiliki masyarakat sehingga memungkinkan untuk mempertahankan dan mempersiapkan diri, mencegah, meredam, serta dengan cepat mamulihkan diri dari akibat bencana (Diposaptono dan Budiman, 2008).

Kerangka kerja pengurangan risiko bencana menurut ADPC Primer Team (2005) merupakan kerangka konseptual mengenai

unsur-unsur yang dipertimbangkan kemungkinannya untuk meminimalkan kerawanan dan risiko bencana terhadap suatu masyarakat, untuk menghindarkan (*prevensi*), atau untuk membatasi (*mitigasi* dan *kesiapsiagaan*) akibat-akibat yang merugikan dari bahaya-bahaya, dalam konteks besar pembangunan berkelanjutan. Menurut amanat UURI No. 24 Th. 2007 tentang Penanggulangan Bencana, kegiatan pengurangan risiko bencana meliputi: 1) pengenalan dan pemantauan risiko bencana; 2) perencanaan partisipatif penanggulangan bencana; 3) pengembangan budaya sadar bencana; 4) peningkatan komitmen terhadap pelaku penanggulangan bencana; 5) penerapan upaya fisik, nonfisik, dan peraturan penanggulangan bencana.

Berdasarkan uraian tersebut, dapatlah diketahui bahwa pengurangan risiko bencana merupakan upaya mengimplementasikan *prevensi* bencana, *mitigasi* bencana, dan *kesiapsiagaan* bencana. Dalam perspektif geomorfologi, upaya pengurangan risiko bencana kepebisiran dilakukan dengan perhatian utama pada unit-unit bentuklahan. Berikut ini dibicarakan secara garis besar tentang unit-unit bentuklahan kepebisiran.

4.1. Bentuklahan Kepesisiran dan Identifikasi Tingkat Risiko Bencana

Bentuklahan merupakan kenampakan permukaan Bumi yang terjadi akibat *genesis* tertentu, sehingga menimbulkan bentuk khas, yang mencirikan beberapa sifat fisik material akibat dari proses alami yang dominan dan dapat pula dikaitkan dengan struktur tertentu

dalam perkembangannya (Sunarto, 2004). Bentuklahan kepepesisiran genesis utamanya terbentuk oleh proses marin. Pada umumnya, bentuklahan kepepesisiran utama tersebut seringkali terkombinasikan dengan genesis lainnya, seperti fluviomarin, aeolian, atau organik, sehingga pendekatan morfohistori dapat digunakan untuk prevensi bencana kepepesisiran (Sunarto dan Lies Rahayu, 2007). Menurut Sunarto (2004), bentuklahan kepepesisiran secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu kelompok delta, kelompok gisik, dan kelompok residual. Berikut ini akan dibicarakan masing-masing kelompok bentuklahan kepepesisiran tersebut.

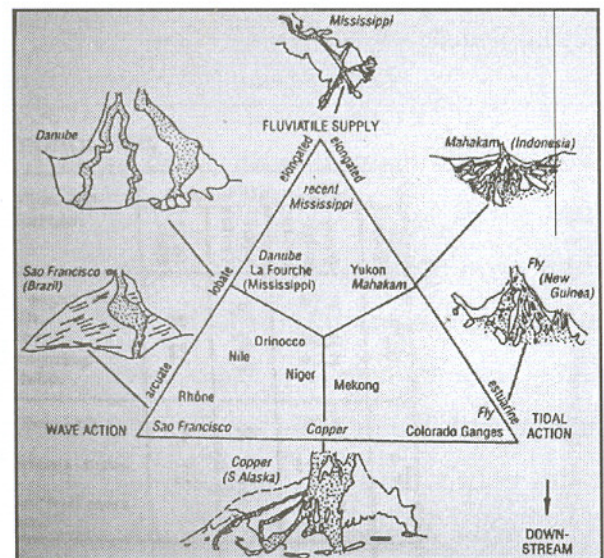
4.1.1. Kelompok Delta

Kelompok delta dapat dikenali berdasarkan dua faktor, yaitu bentuk garis pantai dan dominasi proses yang bekerja. Kedua-dua faktor tersebut dapat menjadi morfoindikator untuk mengidentifikasi tingkat risiko bencana kepepesisiran. Berdasarkan bentuk garis pantainya, delta dapat dikelompokkan menjadi tujuh kelompok: 1) *straight*, 2) *arcuate*, 3) *cusperate*, 4) *lobate*, 5) *elongate/digitate*, 6) *irregular*, dan 7) *crenulate/estuarine*.

Berdasarkan dominasi proses yang bekerja, delta dapat dikelompokkan menjadi lima kelompok seperti berikut : 1) *strandplain*, 2) *high-destructive wave-influenced delta*, 3) *high-destructive tide-influenced delta*, 4) *high-constructive lobate delta*, dan 5) *high-constructive elongate delta*.

Tingkat risiko bencana kepepesisiran yang dapat dikatakan relative tinggi dapat di-

ketahui dari bentuk garis pantainya maupun dari dominasi proses yang bekerja. Bentuklahan kepepesisiran yang relatif memiliki tingkat risiko bencana tinggi adalah delta yang termasuk kelompok destruktif tinggi, baik akibat dominasi bangkitan gelombang maupun dominasi bangkitan arus laut. Delta yang termasuk tingkat risiko bencana kepepesisiran tinggi memiliki bentuk garis pantai yang *arcuate*, *cusperate*, *crenulate*, dan *irregular*.

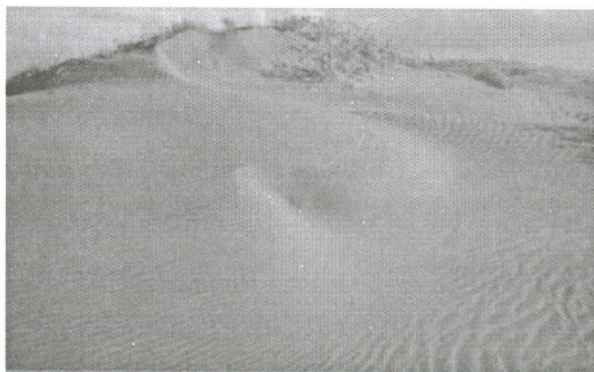


Gambar 1. Klasifikasi delta berdasarkan garis pantai (Chamley, 1990)

Pengelompokan delta tersebut disajikan pada Gambar 1.

Bagaimana dengan kelompok delta dengan konstruktif tinggi? Ancaman bencana yang terjadi pada kelompok delta ini bukanlah bencana kepepesisiran, melainkan bencana banjir sungai atau bencana fluvial. Kelompok delta dengan konstruktif tinggi dapat dipahami bersama, bahwa delta tersebut selalu terbangun oleh endapan material sungai atau mengalami siltasi (pelumpuran). Dengan demikian, perkembangan delta kelompok ini

sangat pesat oleh pelumpuran tersebut. Umumnya garis pantai pada delta ini berbentuk cembung (*lobate*) atau berbentuk kaki burung (*birdfoot/elongate/digitate*). Hasil penelitian di wilayah Kabupaten Brebes dan Tegal oleh Sunarto dkk. (2003) menunjukkan, pelumpuran pada delta kelompok ini dapat dipandang dari dua sisi, sisi pertama merupakan bencana fluvial karena banjir sungai, namun di sisi lain dipandang sebagai anugerah, karena menambah tanah timbul yang sebenarnya dinanti-nanti oleh masyarakat setempat. Tanah timbul ini diawali dengan fenomena geomorfik rataaan pasut (*tidal flat*). Fenomena geomorfik rataaan pasut umumnya dibedakan menjadi dua fenomena, yaitu rataaan lumpur (*mudflat*) dan rawa payau (*salt marsh*). Dengan demikian, dapat diketahui bahwa munculnya fenomena tanah timbul yang berupa rataaan lumpur ataupun rawa payau di suatu pantai menandakan sebagai morfoindikator risiko bencana tingkat rendah.



Gambar 2. Gumuk pasir Kawasan Parangtritis sebagai peredam tsunami

Rataan pasut pada hakikatnya merupakan habitat yang sangat sesuai untuk

tumbuh dan berkembangnya hutan mangrove. Hutan mangrove dapat berfungsi sebagai penghalang atau barier, sehingga hutan mangrove sangat penting untuk meredam serangan gelombang dan tsunami. Di samping itu, hutan mangrove juga dapat menjadi barier terjangan angin ribut, sehingga permukiman penduduk yang ada di balik hutan mangrove terlindung dari bencana.

4.1.2. Kelompok Gisik

Gisik (*beach*) merupakan akumulasi endapan marin yang terjadi dari material lepas (pasir dan atau kerikil) yang terbentuk akibat proses insiduran litoral (*littoral drift*) oleh arus susur pantai (*longshore current*). Pada dasarnya, arus laut di perairan pantai berproses secara siklik. Siklus arus laut di perairan pantai ada tiga yang saling mendukung, yaitu arus datang (*onshore current*), arus susur pantai, dan arus balik (*rip current*). Ketiga-tiga arus laut tersebut bersiklus yang saling mengisi di dalam suatu bilik, membentuk bilik sirkulasi kepepesisiran (*coastal circulation cell*).

Kelompok gisik ini meliputi beberapa bentuklahan, di antaranya adalah (1) beting gisik (*beach ridge*), (2) bura (*spit*), (3) tombolo, (4) gisik penghalang (*barrier beach*), (5) *foreland*. Kelompok gisik ini merupakan ujung tanduk bagi daratan terhadap serangan gelombang bangkitan angin, gelombang badai, gelombang pasang, arus laut, maupun tsunami. Di samping itu, kelompok gisik ini juga menjadi benteng terhadap serangan intrusi air asin (*salt water intrusion*). Serangan-serangan tersebut akan teredamkan oleh keterdapatan

kelompok gisik ini, sehingga amanlah daratan yang dilindunginya.

Umumnya, kelima bentuklahan ini terkombinasikan secara alami oleh gumuk pasir (*sand dune*). Gumuk pasir ialah akumulasi endapan pasir yang terangkut dan terdeposisi oleh tiupan angin. Gumuk pasir ini umumnya menumpang di atas punggung kelompok gisik, sehingga ketinggiannya semakin meningkat sesuai dengan kemampuan angin mengendapkan material pasir. Oleh karena itu, gumuk pasir yang tumbuh dan berkembang di atas beting gisik, seperti halnya yang terbentuk di pesisir Kawasan Parangtritis (Gambar 2) sangat penting untuk dikonservasi, karena besarnya manfaatnya untuk meredam terjangan gelombang pada umumnya dan tsunami pada khususnya.

Pesisir kelompok gisik ini sangat sesuai untuk tumbuh dan berkembangnya hutan pantai yang amat besar manfaatnya untuk meredam penjaralan tsunami ke daratan (Gambar 3). Hasil penelitian Harada dan Imamura (2002, dalam Diposaptono dan Budiman, 2008) tentang efektivitas hutan

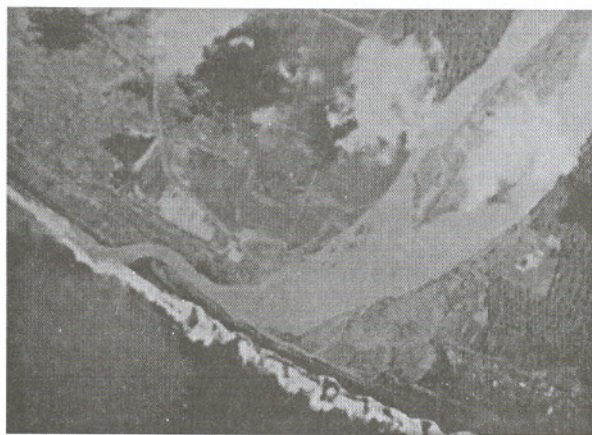
pantai untuk meredam tsunami, menunjukkan bahwa hutan pantai dengan tebal 200 meter, kerapatan pohonnya 30 batang per 100 m², dan diameter pohon 15 cm, mampu meredam 50% energi tsunami yang ketinggian gelombangnya 3 meter. Lebih lanjut Diposaptono dan Budiman (2008) menyatakan bahwa salah satu jenis tanaman hutan pantai yang memiliki keunggulan adalah cemara laut (*Casuarina equisetifolia*), karena dapat digunakan sebagai tanaman campuran dengan tanaman lain, dapat menstabilkan gumuk pasir, penghalang tiupan angin untuk melindungi permukiman. Selain cemara laut, jenis tanaman yang dapat meredam tsunami dan juga meredam tiupan angin adalah pandan (*Pandanus*), ketapang (*Terminalia catapa*) dan waru (*Hibiscus tiliaceus*).

Berdasarkan uraian tersebut dapatlah diketahui, bahwa pesisir yang didepannya terdapat bentuklahan kelompok gisik memiliki risiko bencana marin yang tingkatannya relatif kecil. Meskipun demikian, kadangkala bentuklahan kelompok gisik ini juga dapat menimbulkan bencana seperti yang



Gambar 3. Hutan pantai Pesisir Pacitan sebagai peredam tsunami

terjadi di Pantai Samas (Bantul) dan Pantai Trisik (Kulonprogo). Kedua-dua pantai tersebut terletak di tepi muara sungai. Pantai Samas terletak di tepi muara Sungai Opak, sedangkan Pantai Trisik terletak di tepi muara Sungai Progo. Pada kedua muara sungai tersebut selalu tumbuh bura dari tepi sungai bagian timur mengarah ke tepi sungai bagian barat. Bura yang terbentuk di muara sungai itu menyebabkan terhalangnya aliran air di kedua sungai itu. Akibatnya, aliran air sungai yang mengarah ke selatan itu tidak mampu



Gambar 4. Bura yang hampir menutup muara Sungai Progo

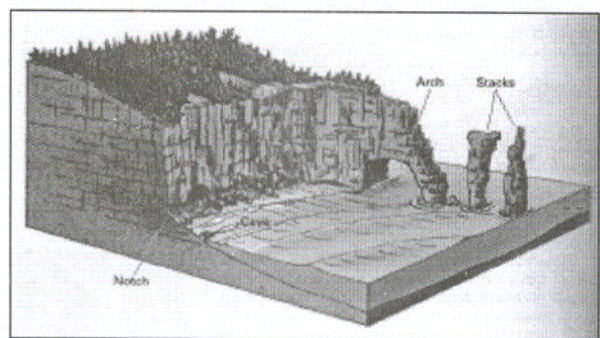
menerobos bura dan arahnya berbelok ke barat mengerosi tepi sungai bagian barat. Erosi sungai ini semakin meningkat ketika laut sedang mengalami pasang. Untuk mengurangi risiko bencana ini tentunya perlu dilakukan penggalian bura, sehingga aliran air sungai menjadi lancar ke arah selatan menuju ke laut, tidak mengalami pembelokan ke arah barat akibat terhalang oleh bura. Hasil wawancara yang pernah dilakukan dengan masyarakat Pesisir Samas, Kabupaten Bantul, untuk mengurangi risiko bencana terbung-

nya muara sungai, pada awal musim penghujan dilakukan oleh masyarakat setempat "gugur gunung" membuka muara sebelum datangnya musim hujan. Permasalahan yang dihadapi adalah penggunaan alat tradisional, seperti cangkul, untuk membongkar bura, yang sebetulnya adalah membutuhkan alat-alat berat, seperti bulldoser.

4.1.3. Kelompok Residual

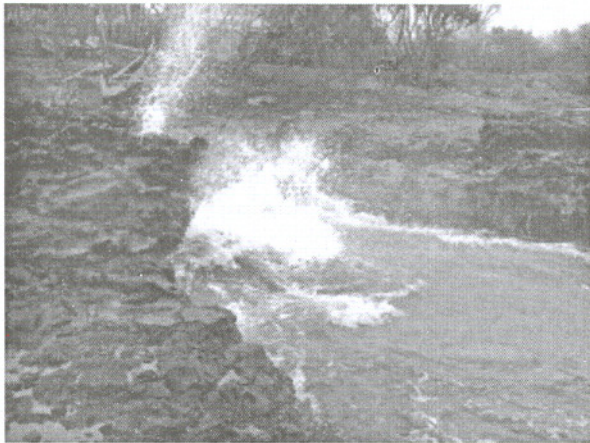
Kelompok residual merupakan kumpulan bentuklahan kepepesisiran yang terjadi dari batuan padu yang tererosi oleh proses marin, sehingga bentuklahan itu merupakan sisa atau residu hasil proses marin tersebut. Kelompok residual terbentuk diawali dari tebing pantai curam yang tererosi oleh laut (*marine cliff*), sehingga menghasilkan bentuklahan yang meliputi (lihat juga Gambar 5): 1) teras marin (*marine terrace*), 2) pelataran pantai (*shore platform*), 3) gerongan marin (*marine notch*), 4) gua laut (*sea cave*), 5) pilar laut (*sea stack*), dan 6) pelengkung laut (*sea arc*).

Pada umumnya, tebing pantai terjal (*cliff*) relatif aman terhadap bencana kepepesisiran, namun bergantung pada ketinggian tebing pantai terjal tersebut. Akibat ketidak-



Gambar 5. Tebing pantai terjal dengan bentukannya (Strahler dan Strahler, 2003)

samaan resistensi batuan maupun struktur sesar dan kekar yang mengontrol tebing pantai terjal itu menyebabkan garis pantai yang terbentuk dapat berupa teluk dan tanjung. Karena adanya refraksi gelombang laut yang datang ke pantai, maka terdapat perbedaan energi gelombang laut antara tanjung dan teluk. Pada tanjung terjadi konsentrasi energi gelombang datang akibat konvergensi, sedangkan pada teluk tidak terjadi konsentrasi energi gelombang akibat divergensi. Akibat yang timbul adalah terjadinya runtuh batuan karena erosi marin pada tanjung, sedangkan pada pangkal teluk terbentuk gisik saku (*pocket beach*) karena deposisi marin.



Gambar 6. Pantai dengan morfologi teluk mengandung risiko bencana kepebisiran yang berupa empasan gelombang refleksi (atas) dan arus balik atau *rip current* (bawah)

Pantai dengan morfologi teluk memiliki risiko bencana kepebisiran yang berupa empasan gelombang refleksi dan arus balik (*rip current*). Kedua-dua pantai dengan morfologi teluk yang mengandung risiko bencana kebencanaan disajikan pada Gambar 6.

Dari uraian di atas dapat diketahui, bahwa morfologi pantai dapat dijadikan indikator tingkat risiko bencana kepebisiran. Morfologi pantai yang berbentuk "gigi gergaji (*sawtooth*), seperti garis pantai karst Gunung-sewu, menunjukkan tingkat risiko tinggi jika terjadi tsunami, karena pada bagian teluk dapat terjadi gelombang refleksi. Di samping itu, ada juga indikator kondisi lingkungan masa lampau yang diindikasikan berdasarkan kondisi batuan yang diketemukan sekarang dengan berlandaskan pada prinsip "*The present is the key to the past*". Jika di lapangan dijumpai batuan yang sudah tampak remuk karena sangat banyak ditemukan kekar, bahkan kekar (Gambar 7), maka batuan tersebut mengindikasikan pernah mengalami tekanan yang sangat kuat yaitu tektonik. Analogi dengan kondisi geomorfik yang lain, bahwa



Gambar 7. Batuan yang pernah mengalami tekanan tektonik.

batuan yang mengindikasikan pernah mengalami tekanan tektonik, dapat diartikan di daerah itu pernah terjadi tekanan tektonik padahal posisi daerah itu di pantai, sehingga dimungkinkan sekali dapat terjadi tsunami. Dengan demikian, sedikitnya terdapat dua indikator, yaitu morfoindikator dan lito-indikator, yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat risiko bencana kepebisiran.

4.2. Pengurangan Risiko Bencana Kepesisiran melalui Pendidikan Kebencanaan

Pengurangan risiko bencana kepebisiran merupakan upaya menerapkan dan mengembangkan strategi dan tindakan secara sistematis yang dapat mengurangi kerentanan dan risiko bencana yang dihadapi oleh masyarakat, guna meminimalkan akibat bencana kepebisiran. Berdasarkan publikasi yang dikeluarkan oleh Bappenas dan Bakornas PB (2006), ada lima prioritas pengurangan risiko bencana yang harus dilakukan, yaitu:

1. meletakkan pengurangan risiko bencana sebagai prioritas nasional maupun daerah dan implementasinya harus dilaksanakan oleh suatu institusi yang kuat;
2. mengidentifikasi, mengkaji, dan memantau risiko bencana serta menerapkan sistem peringatan dini;
3. memanfaatkan pengetahuan, inovasi, dan pendidikan untuk membangun budaya keselamatan dan ketahanan pada seluruh tingkatan;

4. mengurangi cakupan risiko bencana; serta
5. meningkatkan kesiapan menghadapi bencana pada semua tingkatan masyarakat, agar tanggapan yang dilakukan lebih efektif.

Dari kelima prioritas pengurangan risiko bencana tersebut yang erat hubungannya dengan geomorfologi adalah prioritas kedua, ketiga, dan keempat. Pokja Mitigasi dan Penanggulangan Bencana (2006) telah membagi lebih rinci lagi masing-masing dari kelima prioritas pengurangan risiko bencana tersebut menjadi beberapa kegiatan utama, di antaranya adalah: 1) pengkajian risiko pada skala nasional dan lokal; 2) peringatan dini; 3) manajemen informasi; 4) pendidikan dan pelatihan; 5) penelitian; 6) kepedulian publik; 7) manajemen sumberdaya alam dan lingkungan; serta 8) perencanaan tata guna lahan.

Pada hakikatnya, pengurangan risiko bencana kepebisiran adalah meningkatkan kewaspadaan masyarakat yang hidup dan berkehidupan di wilayah kepebisiran dalam menghadapi bencana. Bagaimana masyarakat dapat meningkatkan kewaspadaan? Kewaspadaan dapat dimiliki dan ditingkatkan oleh masyarakat dengan jalan:

1. memberikan penyadaran kepada seluruh anggota masyarakat bahwa dirinya hidup berdampingan dengan ancaman bencana;
2. memberikan pemahaman mendasar tentang geomorfologi kepada masyarakat

rakat melalui pendidikan kebencanaan, mengingat bahwa semua makhluk melaksanakan hidup dan berkehidupan di dalam wadah satuan bentuklahan;

3. dalam memahami geomorfologi lebih ditekankan pada cara memaknai indikator-indikator geomorfik, seperti morfo-indikator dan lito-indikator;
4. dengan diadakannya pendidikan kebencanaan kepada masyarakat, diharapkan lebih arif dalam menghadapi bencana dan masyarakat mampu mengambil sikap 5 W (*wikan, wirya, wasis, waskitha*, dan *wicaksana*) (Sunarto dan Lies Rahayu, 2008); serta
5. masyarakat mampu mengantisipasi dan waspada terhadap ancaman bencana jika ada di antara anggota masyarakat yang sudah mampu *nitèni* akan munculnya tanda-tanda alam sebelum bencana terjadi, morfoindikator, dan litoindikator, serta mengkomunikasikan kepada seluruh anggota masyarakat, mengingat bahwa "*Marganing waskitha jalaran saka nitèni*".

5. Kesimpulan

1. Pada hakikatnya bencana kepebisiran tidak berdiri sendiri, tetapi selalu ada rangkaiannya, sehingga untuk mengantisipasi perlu memahami kausalitas sekuensial bencana kepebisiran.
2. Bencana kepebisiran terjadi karena dinamika kepebisiran, yang mencakup tujuh faktor yang saling interaksi dan

interdependensi, yaitu astro-dinamik, aero-dinamik, hidrodinamik, morfo-dinamik, geodinamik, ekodinamik, dan sosio-dinamik.

3. Bentuklahan dapat dijadikan kunci untuk mengetahui tingkat risiko bencana. Dengan mengetahui satuan bentuklahan yang dijadikan permukiman atau penggunaan lainnya, maka dapat diantisipasi bencana yang akan terjadi, sehingga tingkat risiko bencana dapat dikurangi. Penggunaan lahan yang terletak pada delta berbentuk *arcuate*, *cusate*, *crenulate*, dan *irregular* memiliki tingkat risiko bencana kepebisiran yang relatif tinggi. Pengurangan risiko bencana kepebisiran pada delta dengan penanaman mangrove untuk difungsikan sebagai penghalang tiupan angin maupun peredam terpaan gelombang.
4. Bencana abrasi Pantai Samas dan Pantai Trisik pada hakikatnya bukan bencana kepebisiran, melainkan bencana fluvial akibat pembelokan arah aliran air sungai oleh bura yang terbentuk di muara Sungai Opak dan di muara Sungai Progo. Pengurangan risiko bencana yang dapat dilakukan dengan membongkar bura pada awal dan puncak musim penghujan.
5. Pantai terjal berbatuan padu (*cliff*) memiliki risiko tererosi marin dan umumnya aman dari terjangan tsunami. Morfologi pantai yang berbentuk 'gigi gergaji' sangat rawan terhadap terjangan

tsunami akibat gelombang reflektif. Keterdapatan kekar dan sesar pada singkap-an batuan mengindikasikan batuan itu telah mengalami tekanan tektonik, sehingga sangat dimungkinkan pantai tersebut rawan terhadap tsunami.

6. Pada hakikatnya pengurangan risiko bencana kepebisiran adalah meningkatkan kewaspadaan masyarakat terhadap ancaman bencana. Dengan pendidikan kebencanaan diharapkan masyarakat mampu *nitèni* munculnya tanda-tanda alam sebelum bencana terjadi dan mampu mengkomunikasikan kepada seluruh anggota masyarakat, sehingga masyarakat mampu mengantisipasi dan waspada terhadap ancaman bencana. Mengingat bahwa "*Marganing waskitha jalaran saka nitèni*".

6. Glosari

1. 5 (lima) W = wikan, wirya, wasis, waskitha, wicaksana.
 - a. **wikan** = arti harfiah: *weruh* atau melihat; arti kontekstual: mampu melihat permasalahan secara jernih dan objektif.
 - b. **wirya** = arti harfiah: kendel atau berani; arti kontekstual: berani menghadapi masalah, bukan lari dari masalah.
 - c. **wasis** = arti harfiah: *pinter* atau pandai; arti kontekstual: memiliki kepandaian dalam mencari alternatif pemecahan masalah.

- d. **waskitha** = arti harfiah: *bisa weruh marang prakara sing sinamun batiné wong* atau tahu sebelum orang lain memberitahu; arti kontekstual : mampu melihat gejala-gejala dan tanda-tanda sebelum kejadian serta mampu mengantisipasinya.
- e. **wicaksana** = arti harfiah: *bisa nganggo budiné kanthi bener* atau bijaksana; arti kontekstual: mampu mengambil keputusan dengan penuh kearifan.

2. *Marganing waskitha jalaran saka nitèni.*

- a. *marganing* berasal dari kata *marga* dan imbuhan *ing* dengan sisipan bunyi nasal *n*. Istilah *marga* secara harfiah berarti: jalan, cara, metode; secara kontekstual *marganing* berarti: cara pencapaian.
- b. *waskitha* secara harfiah berarti: tahu sebelum orang lain memberitahu; secara kontekstual berarti: mampu melihat gejala-gejala dan tanda-tanda sebelum kejadian berlangsung serta mampu mengantisipasinya.
- c. *jalaran* secara harfiah berarti: *sabab, mulaning kedadéan, marakaké, nyebabaké* atau disebabkan, diawali.
- d. *saka* secara harfiah berarti: oleh, dengan.
- e. *nitèni* berasal dari kata *titi* yang arti harfiahnya: *tlesih banget, njimet banget, tliti banget* atau serba hati-hati dalam meneliti, sehingga tidak ada satu pun yang terlewatkan; arti kontekstual-

nya: memeriksa secara seksama dengan sangat teliti atau meneliti secara seksama dan sangat hati-hati. Karena kegiatan *titi* dilakukan secara berulang-ulang, maka menghasilkan sifat *titèn* arti harfiahnya: *apal marang tandha-tandha tartamtu* atau hafal dengan tanda-tanda tertentu.

- f. Dengan demikian, *marganing waskitha jalaran saka niteni* dapat diartikan cara memperoleh kemampuan untuk melihat gejala-gejala dan tanda-tanda sebelum kejadian berlangsung serta kemampuan untuk mengantisipasinya diawali dengan melakukan penelitian secara seksama, berulang-ulang, dan sangat hati-hati.

Daftar Pustaka

- ADPC Primer Team, 2005, *Disaster Risk Management in Asia*, ADPC-USAID, Bangkok.
- Bagus, L., 1996, *Kamus Filsafat*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Bappenas dan Bakornas PB, 2006, *Rencana Aksi Nasional Pengurangan Risiko Bencana 2006 - 2010*, Kerjasama antara Kementerian Negara Perencanaan Pembangunan Nasional/Bappenas dengan Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana, Jakarta.
- Carter, W.N., 1991, *Disaster management: A Disaster Manager's Handbook*, ADB, Bangkok.
- Chamley, H., 1990, *Sedimentology*, Springer-Verlag, Berlin.
- Christopherson, R.W., 2005, *Geosystems: An Introduction to Physical Geography*, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Cooke, R.U., dan J.C. Doornkamp, 1994, *Geomorphology in Environmental Management: A New Introduction*, Edisi kedua, Clarendon Press, Oxford.
- Darmawi, H., 2005, *Manajemen Risiko*, Cetakan IX, PT Bumi Aksara, Jakarta.
- Diposaptono, S. dan Budiman, 2008, *Hidup Akrab dengan Gempa dan Tsunami*, Penerbit Buku Ilmiah Populer, Bogor.
- Ditjen Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, 2005, *Pedoman Mitigasi Bencana Alam di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*, Cetakan kedua, Edisi Revisi, DKP, Jakarta.
- Hanafi, M.M., 2006, *Manajemen Risiko*, UPP STIM YKPN, Yogyakarta.
- Huggett, R.J., 2005, *Routledge Fundamentals of Physical Geography: Fundamentals of Geomorphology*, Routledge, Oxon.
- Jawa Pos, 2008, *Nelayan Puger Paceklik Panjang*, Sabtu 16 Februari 2008: 13.
- Kedaulatan Rakyat, 2008, *Pantai Selatan Dilanda Gelombang Tinggi*, Kamis 14 Februari 2008: 24.
- Kedaulatan Rakyat, 2008, *Parah, Abrasi Pantai Trisik hingga Muara Progo*, Jumat 22 Februari 2008: 7.

- Kompas, 2008, *Rumput Laut di Bali Rusak Diterjang Gelombang*, Jumat 15 Februari 2008: 23.
- Kompas, 2008, *Abrasi Pantai Semakin Menancam*, Lembar Kompas Yogyakarta, Sabtu 23 Maret 2008: C.
- Lobeck, A.K., 1939, *Geomorphology: An Introduction to the Study of Landscapes*, McGraw-Hill Book Co., New York.
- Mantra, I.B., 2007, *Demografi Umum*, Edisi kedua, Cetakan VI, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Murck, B.W., B.J. Skinner, dan S.C. Porter, 1996, *Environmental Geology*, John Wiley & Sons, New York.
- Osborne, M.P. dan N.P. Boyce, 2008, *Tsunami dan Bencana Alam Lainnya*, Penerjemah : V.H. Damanik, Penerbit Nuansa, Bandung.
- Pokja Mitigasi dan Penanggulangan Bencana, 2006, *Rencana Aksi Nasional Pengurangan Risiko Bencana, Materi Sosialisasi Rencana Aksi Nasional Pengurangan Risiko Bencana*, Kementerian PPN/Bappenas dan UNDP, Jakarta.
- Siahaan, H., 2007, *Manajemen Risiko: Konsep, Kasus, dan Implementasi*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Strahler, A. dan A.N. Strahler, 2003, *Introducing Physical Geography*, Edisi ketiga, John Wiley & Sons, Denver.
- Summerfield, M.A., 1991, *Global Geomorphology: An Introduction to the Study of Landforms*, Longman Scientific and Technical, Essex.
- Sunarto, 2000, *Kausalitas Poligenetik dan Ekuilibrium Dinamik sebagai Paradigma dalam Pengelolaan Ekosistem Pesisir*, *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Ekosistem Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil dalam Konteks Negara Kepulauan*, BPFG - UGM, Yogyakarta, 84 - 90.
- Sunarto, 2003, *Geomorfologi Pantai: Dinamika Pantai, Materi Dasar Kegiatan Susur Pantai Karst Gunungkidul pada Raimuna Nasional 2003*, Laboratorium Geomorfologi Terapan, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Sunarto, 2004, *Perubahan Fenomena Geomorfik Daerah Kepesisiran di Sekeliling Gunungapi Muria (Kajian Paleo-geomorfologi)*, *Disertasi*, Program Pascasarjana UGM, Yogyakarta.
- Sunarto, 2007, *Pengurangan Risiko Bencana, Materi Kuliah Pengelolaan Darurat Bencana pada Program S₂ Magister Pengelolaan Bencana Alam (MPBA)*, Pusat Studi Bencana (PSBA) - UGM, Yogyakarta.
- Sunarto dan Lies Rahayu, 2007, *Model Prevensi Bencana Gempabumi dan Tsunami pada Lowland Teluk Pacitan*, *Jurnal Kebencanaan Indonesia*, Vol. 1, No. 2, Mei 2007: 64 - 75.
- Sunarto dan Lies Rahayu, 2008, *Pendidikan Kebencanaan sebagai Aset Menuju Komunitas Masyarakat Sadar Bencana*, *Prosiding Seminar Nasional Refleksi Satu Tahun Bencana Gempabumi Jogjakarta 27 Mei 2006 - 27 Mei*

- 2007, Pusat Studi Bencana (PSBA) - UGM, Yogyakarta.
- Sunarto, Sudibyakto, Suprpto Dibyosaputro, Djati Mardiatno, Lies Rahayu, Yudi Aningtyas, dan Raditya Djati, 2003, Pemetaan Daerah Rawan Kerusakan Akibat Abrasi dan Model Penanganannya di Kabupaten Brebes dan Tegal, *Laporan Penelitian*, Bappedal Provinsi Jawa Tengah dan Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Verstappen, H. Th., 2000, *Outline of the Geomorphology of Indonesia*, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede.
- Wahyono, M.R., 2004, Kematian Massal Ikan, 'The Extrem Sentinel' bagi Waterfront City, *Proceeding Workshop & Training Deteksi, Mitigasi, dan Pencegahan Degradasi Lingkungan Pesisir dan Laut di Indonesia*, Pustaka IndoRepro, Jakarta.
- Peraturan Perundang-undangan:
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana*, LNRI Th. 2007 No. 66, Sekretariat Negara RI, Jakarta.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*, LNRI Th. 2007 No. 84, Sekretariat Negara RI, Jakarta.
- Kepmen Kelautan dan Perikanan Nomor: KEP. 34/MEN/2002 tentang Pedoman Umum Penataan Ruang Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*, Departemen Kelautan dan Perikanan RI, Jakarta.